

ЗАЩИТА ГЕНЕРАТОРОВ ОТ ВИТКОВЫХ ЗАМЫКАНИЙ

КУТЯВИН И. Д.

Кандидат технических наук

Предлагаемая автором защита генераторов от витковых замыканий обмотки статора применима только для генераторов, работающих параллельно на шины генераторного напряжения.

На рис. 1 представлена схема распределения аварийных токов для параллельно работающих генераторов. Как видно из рис. 1, при витковом замыкании в обмотке статора генератора № I между нулевой точкой поврежденного генератора и нулевой точкой здорового появится разность потенциалов, равная

$$U_0 = xU_\phi, \quad (1)$$

где U_ϕ — фазовое напряжение генератора и
 x — число коротко замкнутых витков в фазе обмотки статора в долях единицы.

Под действием этой разности потенциалов между нулевыми точками генераторов через сопротивления заземления и землю будет протекать ток, равный

$$I_3 = \frac{xU_\phi}{R_1 + R_2} K_n. \quad (2)$$

В общем случае при нескольких генераторах, имеющих разные сопротивления заземления,

$$I_3 = \frac{xU_\phi K_n}{R_1 + \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \dots}}} = \frac{xU_\phi K_n}{R_1 + \frac{1}{\sum \frac{1}{R_n}}}, \quad (3)$$

где R_1, R_2, R_3 — сопротивления заземления нулевых точек генераторов и
 $K_n \leq 1$ — коэффициент неполноты замыкания между витками.

В сопротивлениях заземления здоровых генераторов этот ток будет направлен к нулевой точке (как и при замыканиях на землю в сети генераторного напряжения), а в сопротивлении поврежденного генератора — от нулевой точки в землю. Это обстоятельство и использовано для уст-

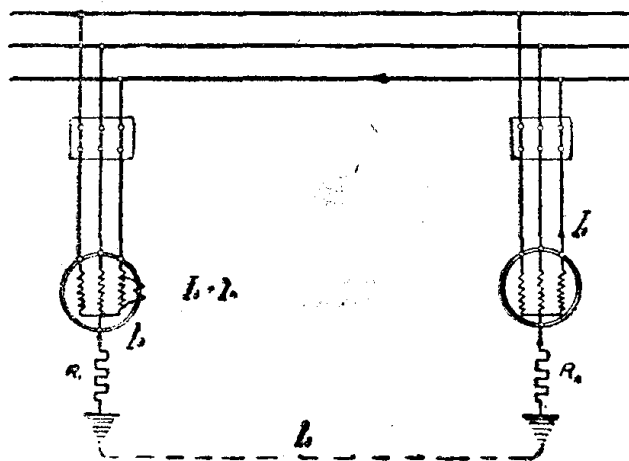


Рис. 1

ройства защиты от витковых замыканий, схема которой представлена на рис. 2. Защита осуществляется при помощи реле максимальной мощности, реагирующего на мощность нулевой последовательности, направленную от нулевой точки в землю. Токовая обмотка ваттметрового реле питается

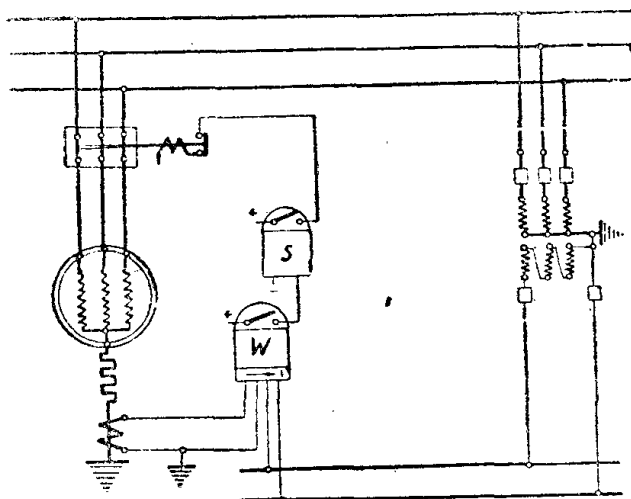


Рис. 2

от трансформатора тока, включенного в нулевую шину генератора, а обмотка напряжения—от группы трех однофазных трансформаторов напряжения, включенных в фильтр нулевой последовательности и присоединенных к шинам генераторного напряжения.

Эта защита будет действовать также и при других видах несимметричных повреждений обмотки статора, не сопровождающихся замыканием на землю, так как в этих случаях через обмотку статора и сопротивление заземления поврежденного ге-

нератора будет протекать ток нулевой последовательности, посылаемый другими генераторами, а на вторичной обмотке трансформаторов напряжения появится напряжение нулевой последовательности.

Выбор основных параметров защиты

Мощность на клеммах ваттметрового реле при коротком замыкании x витков фазы статорной обмотки генератора согласно уравнениям (1) и (3) будет иметь следующее выражение:

$$P = \frac{x^2 U_{\phi}^2}{n_n n_r} \frac{K_n R_1}{\left(R_1 + \frac{1}{\sum \frac{1}{R_n}} \right)^2}. \quad (4)$$

Для надежной работы защиты при замыкании минимального допустимого числа витков фазы необходимо обеспечить на клеммах реле мощность, достаточную для работы защиты. Тогда мощность трогания реле будет иметь выражение

$$P_r = K_n P_{\min} = \frac{x_{\min}^2 U_{\phi}^2}{n_n n_r} \cdot \frac{K_n K_n R_1}{\left(R_1 + \frac{1}{\sum \frac{1}{R_n}} \right)^2}, \quad (5)$$

где $K_n \cong 0,8$ — коэффициент надежности работы защиты.

Практически можно считать, что число коротко замкнутых витков при витковом коротком без замыкания на корпус, будет целым числом, поэтому наименьшее число коротко замкнутых витков, при котором защита должна приходить в действие, желательно принять равным единице, тогда

$$x_{\min} = \frac{1}{W_{\phi}},$$

где W_ϕ — число последовательно соединенных витков в фазе обмотки статора.

Окончательное выражение для мощности трогания реле будет иметь вид

$$P_T = \frac{U_\phi^2 K_n K_n R_1}{n_n \cdot n_T W_\phi^2 \left(R_1 + \frac{1}{\sum \frac{1}{R_n}} \right)^2} \text{ Вт.} \quad (6)$$

Пример:

Мощность параллельно работающих генераторов $P_1 = P_2 = 55,5$ мвт. Напряжение генераторов 10,5 кв. Число витков в фазе обмотки статора $W_\phi = 18$. Сопротивления заземления нулевых точек обмоток статора генераторов $R_1 = R_2 = 120$ ом. Коэффициент трансформации трансформаторов напряжения 10000/100 вольт.

Максимальный ток, протекающий через сопротивление заземления при замыкании на корпус клеммы генератора

$$I_{zm} = \frac{U_\phi}{R_s} \cdot \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 120} \cong 50 \text{ амп.}$$

Коэффициент трансформации нулевого трансформатора тока можно принять равным $50/5$ ампер.

Мощность трогания реле при $K_n = 0,8$ и $K_n = 0,8$

$$P_T = \left(\frac{10500}{\sqrt{8} \cdot 18} \right)^2 \frac{0,8 \cdot 0,8 \cdot 120}{10 \cdot 100 \cdot (120 + 120)^2} = 0,15 \text{ Вт.}$$

Однако для увеличения мощности трогания реле можно было бы принять коэффициент трансформации нулевого трансформатора тока значительно меньшим, так как через него протекает лишь кратковременный аварийный ток.

Заключение

Необходимо отметить следующие положительные стороны предлагаемой защиты.

1. Защита будет действовать при всех несимметричных повреждениях обмотки статора (в том числе и при витковых замыканиях), не сопровождающихся замыканием на землю.

2. В случаях, указанных в п. 1, она будет действовать самостоятельно при витковых повреждениях и будет являться резервной для дифференциальной защиты при других повреждениях.

3. Защита будет работать селективно, так как положительная мощность на клеммах реле будет отсутствовать во всех случаях, за исключением указанных в п. 1.

4. Защита проста и не требует больших затрат.

Недостатки защиты: 1. Защита применима только для генераторов, работающих на шины генераторного напряжения и имеющих заземления нулевых точек. 2. Защита не работает при работе одного генератора на сеть.